

<http://www.netzeroenergyhome.ca/uploads/files/Reports%20and%20research/NZEN%20Coalition%20-%20Definition%20Performance%20Metrics%20Project%20-%20FINAL%20Report.pdf>

2. Деркач М. І. Роль місцевих органів влади у забезпеченні сталого розвитку країни / М. І. Деркач // Фінансова система України. Наукові записки. – В. 15. – С. 256–265. – (Серія «Економіка»).

3. Криворотов В. Л. Опыт Швеции нужно использовать не только в разговорах / В. Л. Криворотов // Энергия и менеджмент. – 2006. – № 2 (29). – С. 56–59.

4. The International Comparative Legal Guide to: Environment law 2008. A practical insight to cross-border Environment Law/ Published and reproduced with king permission by Global Legal Group Ltd: London [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.ICLG.CO.UK./chadmin/Publications/pdf>

**Прохоров Віталій Серафимович**

*доктор технічних наук, кандидат хімічних наук  
заст. директора СП «Ековтор», м. Харків, Україна*

**Петрова Ольга Олександрівна**

*кандидат економічних наук, доцент кафедри економіки та фінансів  
ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет», м. Херсон, Україна*

## **ЕКОНОМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ БІОРЕМЕДІАЦІЇ ПОЛІГОНІВ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ**

**Ключові слова:** полігон твердих побутових відходів, об'ємна біоремедіація, ферменти, ензими, органічні реагенти каталізу, економічна ефективність.

**Keywords:** solid waste landfill, bulk bioremediation, enzymes, organic catalysis reagents, economic efficiency.

Концепція сталого розвитку є стратегічним напрямом економічного зростання суспільства, забезпечення матеріальними та духовними ресурсами в умовах збереження біосфери. Саме біоекономіка покликана реалізувати на практиці концепцію сталого розвитку, від впровадження якої залежить сама можливість майбутнього для наступних поколінь, для чого необхідно взяти під контроль постійно зростаючий споживчий попит, переглянути безвідповідальне і неефективне ставлення до ресурсів, звести відходи виробництва і життєдіяльності до мінімуму [1]. До біоекономіки безпосередньо належать виробництво органічної продукції, біоенергетика, біотехнології різних типів, штучний фотосинтез, біоніка. Все більша увага приділяється використанню біотехнологічних методів у практиці збереження та відтворення природних ресурсів, а також розробці природоохоронних технологій, до яких слід віднести біологічне очищення стічних вод, повітря, біовідновлення ґрунтів, знешкодження токсичних речовин тощо.

Швидка урбанізація та недостатній розвиток технологій знезаражування та утилізації твердих побутових відходів (ТПВ) призвели до виникнення

великої кількості полігонів, як в Україні, так і у світі. Перебуваючи на різних фазах життєвого циклу, полігони ТПВ є небезпечними джерелами забруднення навколишнього середовища, впливаючи на неї фільтрами і викидами звалищних газів. По закінченню терміну експлуатації полігонів ТПВ виникає проблема пошуку площ для нових полігонів, що несе за собою фінансові та організаційні витрати. В даний час, як для всього світу, так і для України актуально вирішення питання про розміщення твердих побутових відходів і, відповідно, подальша рекультивация земель, що знаходяться під ними. З кожним роком в регіонах країни спостерігається позитивна динаміка збільшення площ, відчужуваних під полігони, зменшення сільськогосподарських площ.

Тверді побутові відходи утворюються в результаті господарської діяльності людини і сприяють дестабілізації геоecологічної обстановки. При цьому потрібно враховувати зміну фізико-хімічного складу відходів, так як збільшується кількість з'єднань штучного походження, таких як пластики, препарати побутової хімії, які містять речовини з високим ступенем токсичності.

Катастрофічна проблема сміттєзвалищ та переробки відходів в Україні існує вже давно. Більше 160 тис. гектарів землі, яку можна було б використовувати для сільськогосподарських потреб, передані під полігони для сміття. Україна ж сьогодні накопичила близько 54 мільйонів кубометрів відходів. При цьому переробці підлягає лише 6 % усього побутового сміття. Решта знаходиться на полігонах, більшість яких давно переповнена. За 10 років в нашій державі тверді побутові відходи, з розрахунку на одну людину, зросли майже на 50% і складають у середньому 300-400 кг на рік. При цьому щороку в країні виникає близько 12 тис. незаконних сміттєзвалищ, так як існуючих на сьогоднішній день підконтрольних полігонів недостатньо [2].

В даний час в індустріально розвинених країнах біологічні методи дедалі активніше використовуються для вирішення проблем очистки забруднених середовищ і відновлення порушених екосистем. Біоремедіація забрудненого середовища відбувається під дією біологічних процесів в м'яких фізико-хімічних умовах при збереженні структури ґрунту, його функціональних якостей. Переваги біоремедіаційних технологій пов'язані з можливостями живих систем, особливо мікроорганізмів, метаболізувати велику кількість різних органічних речовин з м'яким впливом на середовище, що не приводить до істотних змін основних ґрунтових показників. До недоліків біоремедіації відноситься низька швидкість біодеградації токсикантів і необхідність проведення ретельного попереднього обстеження забрудненої ділянки для уточнення режимів біотехнологічних робіт.

Дана технологія активізує процеси розкладання, прискорюючи перехід в біологічно стабільний стан органічної частини ТПВ, що є головною причиною екологічної та санітарно-екологічної небезпеки таких об'єктів. Біоремедіація включає в себе комплекс розробок і технологій, завданням яких є використання біохімічного потенціалу аборигенних, адаптованих або модифікованих біологічних систем, перш за все мікроорганізмів, для деградації і детоксикації

полютантів. Технологія полягає в складанні адаптованих композитів, підібраних певним чином, для каталізу процесу розкладання органічної складової полігону ТПВ.

Заслужують на увагу перспективи застосування біопрепаратів для біоремедіації полігонів ТПВ, створених на основі ферментів. З одного боку, такі біопрепарати не містять живі клітини мікроорганізмів, що є позитивним з точки зору санітарно-екологічних вимог. З іншого боку, відсутні широкі дослідження динаміки ферментативної активності препаратів в ґрунті, їх збереження при контакті з організмами ґрунтових біоценозів. Вартість існуючих на даний час ферментних препаратів класу оксидоредуктаз, таких, як "НС-Zyme", "Eco-zyme", "Agro-zyme" досить висока і вони застосовуються для очистки ґрунтів, забруднених невеликою кількістю вуглеводнів.

Ферменти (ензими) - специфічні білки-речовини, що прискорюють перебіг різних хімічних реакцій, біологічні каталізатори білкової природи, які відіграють важливу роль в обміні речовин, регулюючи біологічні процеси. У природі існують різні мікроскопічні форми (бактерії, дріжджові грибки, цвілеві грибки і т.д.), які мають здатність біологічного розкладання багатьох шкідливих речовин для навколишнього середовища.

На полігонах ТПВ створюється комплекс, що складається з ємностей, реактора очищення і системи фільтрації, машин буріння і проколів, компресорів, труб та насосів. В одному з резервуарів збирається фільтрат, який, пройшовши систему очищення, подається на фільтрацію, після чого продукт потрапляє в ємність збору технічної води. Паралельно з цим на основі ферментів, білкових з'єднань і мікроорганізмів готуються біопрепарати, які змішуються з технічною водою і подаються насосами в ін'єкційні свердловини (при глибинній біоремедіації) або зрошуються відходи перед похованням на полігоні.

Застосування органічних реагентів каталізу (ОРК), що включають в складі ензими класу оксигеназ сприяє інтенсивному проникненню кисню повітря в більш глибокі шари ТПВ на полігоні і розширює сферу аеробних процесів розпаду органічних речовин, чим значно прискорює ці процеси, як каталізатори біологічних реакцій, забезпечують більш повний розпад органічних речовин. ОРК являє собою водний розчин для переробки твердих побутових відходів, що містить протеазу, каталазу, амілазу, трипсин, пентозу, пепсин, бетаїн, димексид, пероксид водню, декстрозу. Дія композитів являє собою триступеневий процес:

1. Стимуляція бактеріальних популяцій, що природно мешкають в органічній частині ТПВ, до більш активного розщеплення молекул шляхом введення ферментів в масу розміщених відходів.

2. Збільшення чисельності мікроорганізмів, здатних до переробки вуглеводневих сполук в якості джерела живлення, що має сприяти продовженню прискорення процесів аеробного розкладання органіки.

3. Підтримка процесу стимулювання селективного зростання мікроорганізмів і деструкції органіки, шляхом періодичного внесення водного композиту і кисню в масу ТПВ.

Таким чином, внесення в полігон ТПВ композитних препаратів і кисню у виробничих умовах полігону, дозволить прискорити і поглибити процес розпаду органічних речовин, що забезпечить зменшення обсягу складованих ТПВ та покращить екологічний санітарно-гігієнічний стан полігону.

Економічна ефективність даного рішення для експлуатації полігону ТПВ:

- приведення у відповідність з нормами санітарно-епідеміологічної ситуації на полігоні, що зменшить витрати організації на утилізацію фільтрату;
- продовження в 1,5-2 рази терміну експлуатації існуючого полігону ТПВ;

- покращення екологічної ситуації, зменшення санітарної зони полігонів ТПВ;

- низькі капітальні витрати на реалізацію технології, компенсація за зниження викидів (в перерахунку на CO<sub>2</sub>, компенсація за утилізацію сміття, можливість електро- і тепло генерації, переходу на «зелений тариф»;

- можливість істотного підвищення вартості земельної ділянки під полігоном і навколишнього його забрудненої території після біоремедіації для її подальшого використання в інших цілях (наприклад, будівництво).

Стосовно собівартості біоремедіації полігонів ТПВ, можна сказати, що це залежить від морфології органічної складової полігону. В Європі утилізація органіки в тілі полігону складає 30-25 євро/м<sup>3</sup>, а за технологією біоремедіації собівартість одного кубічного метра полігону становить від \$9,2 (м. Белгород, Росія) до \$16.1 (м. Гданськ, Польща).

Відновлення техногенно забруднених територій з використанням біологічних методів є перспективним напрямом, що динамічно розвивається. Переваги використання біоремедіації: екологічна безпека, мінімальне порушення фізичного й хімічного складу ґрунтів, висока ефективність.

### **Список використаних джерел**

1. Байдала В. В., Бутенко В. М., Забара А. Н. Биоекономика как драйвер устойчивой экономики / В. В. Байдала, В. М. Бутенко, А. Н. Забара // Труды международной научно-практической конференции “Развитие финансово-кредитной системы Республики Казахстан в условиях новой глобальной реальности”, Астана : Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева, 2016. Ч. 2. С. 40-42.

2. Проблема сміття: від Європи до України. URL:<https://www.csi.org.ua/news/problema-smittya-vid-yevropy-do-ukrayiny/> (дата звернення 18.10.2019 р.).

**Пуліна Тетяна Веніамінівна**  
*професор, д.е.н., завідувач кафедри менеджменту*  
*Національного університету «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, Україна*

**НОВИЙ ПІДХІД ДО ПЛАНУВАННЯ ТЕРИТОРІАЛЬНОГО РОЗВИТКУ**